Duplicate
Lane Medical Library
P 25 '32

Aus der prothetischen Abteilung (Prof. Dr. Hans Türkheim) des zahnärztlichen Instituts der Hamburgischen Universität (Direktor Prof. Dr. Guido Fischer).

Untersuchungen über die Elastizität von Kautschuk unter besonderer Berücksichtigung von Drahtgeflecht - Einlagen.

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde der medizinischen Fakultät der Hamburgischen Universität.

vorgelegt von

Wilhelm Flügel.

November 1931.

Referent: Prof. Dr. Guido Fischer.

Ein bekannter Nachteil bei Kautſchukproteſen war und iſt die verhältnismäßig geringe Bruchfeſtigkeit. Um dieſem Übelſtand abzuhelfen, kam man auf den Gedanken, in die Kautſchukſtücke Metalleinlagen hineinzuarbeiten. *Kantorowicz* ſchreibt darüber in ſeinem „Handwörterbuch der geſamten Zahnheilkunde“:

„Früher war es allgemein üblich, beſonders bei Kautſchukplatten für den Oberkiefer, ausgedehnte arabeskenartige Filigranarbeiten aus Gold, die ſich über die ganze Gaumenfläche der Proteſe erſtreckten, in den Kautſchuk zu verſenken, deren Struktur nach dem Ausarbeiten und Polieren der Proteſe an der Kautſchukoberfläche ſichtbar wurde. Man glaubte, durch dieſe Einlagen, die manchmal das Monogramm des Proteſenherſtellers darſtellten, die Elaſtizität des Kautſchuks zu erhöhen und gleichzeitig einen beſſeren Eindruck auf den Proteſenträger zu machen. An Stelle dieſer Kunſtwerke wurden und werden heute noch feine Golddrahtnetze in den Kautſchuk eingebettet.

Dieſe ausgedehnten Einlagen ſind aber gar nicht notwendig, da die Elaſtizität des Kautſchuks bei gutem Anliegen der Proteſen an die Schleimhaut vollkommen ausreicht. Will man ſie doch verwenden, ſo muß man immer bedenken, daß die Homogenität des Kautſchuks durch die Metalleinlage unterbrochen und infolgedeſſen die Elaſtizität des Kautſchuks herabgeſetzt wird. Der Kautſchuk dient dann lediglich dazu, die Zwiſchenräume zwiſchen den einzelnen Einlageteilen auszufüllen. Sind die Metalleinlagen nicht ganz von Kautſchuk bedeckt, was meiſtens der Fall iſt, haben wir nur Nachteile. Der Kautſchuk legt ſich der glatten Metallfläche niemals dicht an, ſo daß in die feinen Spalten immer Speichel eindringen und die Veranlaſſung zu Zerſetzungsvorgängen geben kann. Einzelne Teile dieſes Drahtſyſtems brechen auch ſehr leicht heraus, wodurch rauhe, ſcharfkantige Stellen entſtehen, die den Patienten erheblich beläſtigen können.“

Vorſtehende Ausführungen Kantorowicz', insbeſondere mit Rückſicht auf die Elaſtizität, nachzuprüfen, war Aufgabe meiner Unterſuchungen.

Als Elaſtizität bezeichnen wir die Erſcheinung, daß Stoffe nach Belaſtung und dadurch erfolgter Geſtaltsveränderung das Beſtreben zeigen, ihre urſprüngliche Geſtalt wieder anzunehmen.

Eine genauere Definition der Elaſtizität gibt *Kohlrauſch-Scholl:*

„Erfährt ein feſter Körper durch deformierende Kräfte eine Geſtaltsänderung (Dehnung, Zuſammendrücken, Biegung, Verdrillung), ſo heißen dieſe elaſtiſch, wenn ſie nach Aufhören der Kräfte wieder vollſtändig verſchwindet."

„Die durch deformierende Kräfte hervorgerufene Geſtaltsänderung vollzieht ſich nur zu einem Teil ſofort, ein Reſt, die ‚Nachwirkung', folgt langſamer, ſo daß unter Umſtänden erſt nach Tagen oder Monaten die volle Deformation eingetreten iſt. Beſonders bei Kautſchuk, Kokon und vielen Glasſorten, ſodann überhaupt in tiefer Temperatur, iſt die Nachwirkung ſtark. Man pflegt bei den Meſſungen die Belaſtung nur ganz kurze Zeit wirken zu laſſen, um auf dieſe Weiſe nur die ſofort eintretende Deformation ohne Nachwirkung zu erhalten."

„Steigert man die Deformation über einen gewiſſen Betrag hinaus, ſo nimmt nach Beſeitigung der deformierenden Belaſtung der Körper, auch nach beliebig langer Zeit, nicht mehr die urſprüngliche Geſtalt an, ſondern bleibt dauernd deformiert."

Es war mir von vornherein klar, daß ich mit den mir zur Verfügung ſtehenden Mitteln keine abſoluten Werte erhalten würde, ſondern nur Vergleichszahlen. Es genügt ja auch für die Praxis, wenn feſtgeſtellt werden kann, ob ſich die Elaſtizität bzw. die Bruchfeſtigkeit eines Kautſchukſtückes m i t Drahtgeflechteinlage im Verhältnis zu einem Kautſchukſtücke gleicher Sorte o h n e Einlage verbeſſert oder verſchlechtert.

Das Versuchsmaterial.

Für die Verſuche wurde Kautſchuk der Firma *Geo Poulſon,* Hamburg, in den Sorten: Weiß, Roſa I, Roſa II, Amalgam, Orange, Hanſa, Para I, Para II, Goldduſt und Kamerun benutzt. Um ſtets gleich große Verſuchsſtücke zu erhalten, wurde eine kleine Meſſing-Küvette angefertigt, deren lichte Weite 2 : 20 : 60 mm betrug (ſ. Abb.).

In jede Hälfte der Küvette wurde eine Lage Kautſchuk gelegt, zwiſchen beide das Drahtgeflecht und dann in Waſſer von 100° C erwärmt, nachdem die Küvette mit 4 kleinen Schrauben geſchloſſen worden war. Dieſe kleine Küvette wurde dann mit Gips in einer normal großen Küvette eingebettet und bei einer Temperatur von 165° C eine Stunde lang vulkaniſiert. Nach dem Abkühlen wurde das Verſuchsſtück, welches alſo eine Größe von 2 : 20 : 60 mm hatte, manuell mit Hilfe von feinſtem Sandpapier, das über eine vollkommen ebene Glasplatte gebreitet war, auf eine Stärke von 1,75 mm gebracht. Die Größe von 20 : 60 mm blieb dieſelbe. Mit den ſo vorbereiteten Kautſchukſtücken wurden die Verſuche vorgenommen.

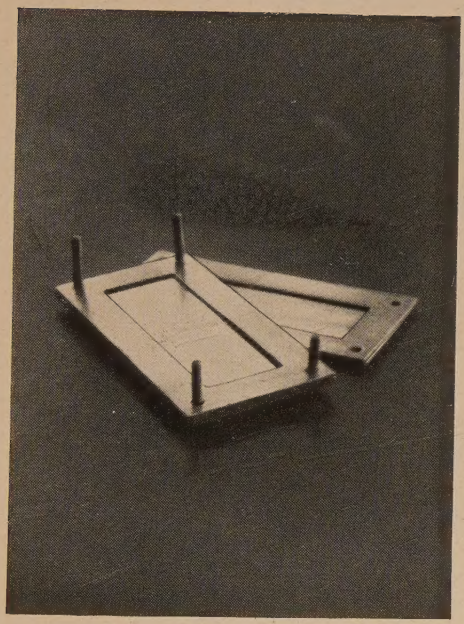

Abb. 1

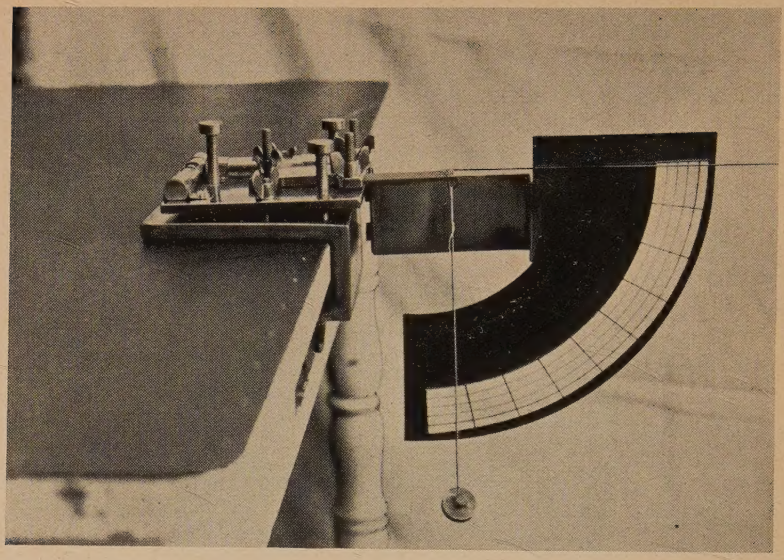

Abb. 2

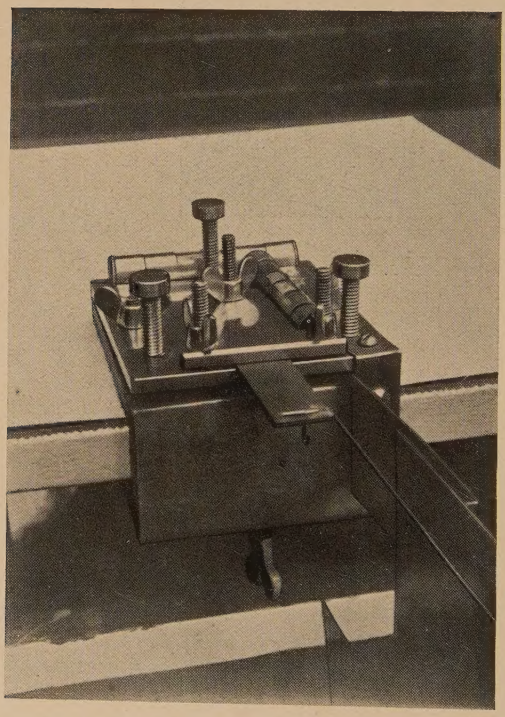

Abb. 3

Als Drahtgeflecht-Einlagen wurden benutzt:

Kupfer (Drahtſtärke 0,10 mm, Maſchenweite 0,24 mm),

Bronze (Drahtſtärke 0,15 mm, Maſchenweite 0,34 mm),

Wipla Stahl V 2 A fein (Drahtſtärke 0,15 mm, Maſchenweite 0,50 mm),

Wipla Stahl V 2 A grob (Drahtſtärke 0,25 mm, Maſchenweite 1,0 mm).

Die Versuchsanordnung.

Für die Meſſungen benutzte ich einen von mir entworfenen und angefertigten Apparat (ſ. Abb.). Dieſer Apparat beſteht aus einer Grundplatte, die durch drei Stellſchrauben horizontal einſtellbar und durch zwei weitere Schrauben feſtſtellbar auf einem Winkel montiert iſt. Den Winkel kann man durch eine Flügelſchraube an einer Tiſchkante befeſtigen. Auf der Grundplatte befinden ſich im rechten Winkel angeordnet zwei Waſſerwaagen, die das horizontale Einſtellen der Apparatur ermöglichen. Das Kautſchukverſuchsſtück wird nun auf der Grundplatte durch eine weitere kleine Platte mit drei Schrauben unverrückbar feſtgehalten. Weiter iſt an der Grundplatte eine Skala befeſtigt, die immer in der gleichen Höhe von der Grundplattenoberfläche ihren Nullpunkt hat. 50 mm von der vorderen Kante der Grundplatte entfernt wurde das Kautſchukſtück durchbohrt und ein kleiner Haken hindurchgeſteckt, an dem die Gewichte angehängt werden konnten. Als Skalenzeiger wurde ein dünner, vollkommen gerader Draht am vorderen Ende des Kautſchukſtückes mit Klebewachs befeſtigt.

Der Verſuch im einzelnen wurde ſo ausgeführt, daß das Kautſchukſtück fortlaufend von 50 zu 50 g mit Gewichten belaſtet wurde. Nach jedesmaligem Belaſten und Ableſen der Skala wurde das Gewicht abgenommen und das Zurückſchnellen des Zeigers beobachtet. Je nach der mehr oder minder großen Elaſtizität des Stückes ging der Zeiger in die Nähe des Nullpunktes zurück. Es wurde dann wieder der Zeigerſtand abgeleſen. Dieſe Gradzahlen wurden als „Abweichung vom Nullpunkt“ bezeichnet. Die Zeit zwiſchen den einzelnen Belaſtungen betrug 60 Sek. Es ergab ſich, daß eine Belaſtung von 3000 g in jedem Falle ausreichte, um entweder einen Bruch oder eine Verbiegung des Stückes zu erreichen. Die Verſuche wurden bei Zimmertemperatur und in den ſpäten Abendſtunden vorgenommen, da am Tage die Erſchütterung durch den Großſtadtverkehr ſo groß war, daß der Zeiger der Skala um mehrere Grade vibrierte.

Ergebnisse der Messungen.

Vorausſchicken möchte ich, daß Drahtgeflecht-Einlagen in den erſten drei Kautſchukſorten, Roſa I, Roſa II und Weiß, in praxi nicht in Frage kommen, da die Einlagen ſelbſtverſtändlich nur in dem Kautſchuk zu befeſtigen ſind, der als Baſisplatte dient.

Rosa I.

a) Ohne Einlage: langſames Abbiegen bei ſteigender Belaſtung bis 1000 g, dann bei 1500 g Bruch des Kautſchukſtückes.

b) Kupfer-Einlage: ſchnelleres Abbiegen und ſtärkere Abweichung vom Nullpunkt als bei a. Bruch ſchon bei 900 g Belaſtung. Die Elaſtizität iſt herabgeſetzt.

c) Bronze-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt bei gleicher Belaſtung größer als bei a, aber kleiner als bei b. Die Elaſtizität iſt auch hier herabgeſetzt. Bruch bei 1050 g Belaſtung.

d) V 2 A fein-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt wie bei c, die Elaſtizität iſt alſo herabgeſetzt. Bruchfeſtigkeit um ein geringes erhöht, da erſt bei einer Belaſtung von 1100 g Bruch eintritt.

e) V 2 A grob-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt wie bei c, die Elaſtizität alſo ebenfalls verſchlechtert. Bruch ſchon bei 600 g Belaſtung, alſo ſchon eher als bei b.

Rosa II.

a) Ohne Einlage: etwas ſchnellere Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt als bei Roſa I (a). Bruch bei 1250 g Belaſtung.

b) Kupfer-Einlage: doppelt ſo ſchnelle Abbiegung und ſtärkere Abweichung vom Nullpunkt als bei a. Bruch ſchon bei 550 g Belaſtung. Die Elaſtizität war herabgeſetzt.

c) Bronze-Einlage: langſamere Abbiegung und geringere Abweichung vom Nullpunkt als bei a und Bruch bei 1450 g Belaſtung, alſo Erhöhung der Elaſtizität und Bruchfeſtigkeit.

d) V 2 A fein-Einlage: ſtärkere Abbiegung als bei a, Abweichung vom Nullpunkt anfänglich ſchwächer, ſpäter aber wieder ſtärker. Bruch bei 900 g Belaſtung. Alſo hier Verringerung der Elaſtizität und Bruchfeſtigkeit.

e) V 2 A grob-Einlage: ſchwächere Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt als bei a, alſo Erhöhung der Elaſtizität. Die Bruchfeſtigkeit iſt allerdings herabgeſetzt, da ſchon eine Belaſtung von 950 g zum Bruch führt.

Weiß.

a) Ohne Einlage: ſtetige Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt bis zum Bruch bei 900 g Belaſtung.

b) Kupfer-Einlage: ſtärkere Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt als oben, alſo Verringerung der Elaſtizität. Bruch ſchon bei 750 g Belaſtung.

c) Bronze-Einlage: etwas ſchwächere Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt als bei a. Elaſtizität alſo etwas verſtärkt. Bruch bei 50 g ſtärkerer Belaſtung.

d) V 2 A fein-Einlage: die Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt iſt anfangs ſchwächer, ſpäter ſtärker als bei a, die Elaſtizität alſo etwas herabgeſetzt; die Bruchfeſtigkeit, da das Stück erſt bei 1200 g Belaſtung bricht, erhöht.

e) V 2 A grob-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt wie bei a. Elaſtiztät herabgeſetzt, Bruch bei 1300 g Belaſtung, alſo ebenfalls erhöhte Bruchfeſtigkeit.

Amalgam.

a) Ohne Einlage: gleichmäßige Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt. Bruch bei 1500 g Belaſtung.

b) Kupfer-Einlage: etwas ſtärkere Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt als bei a. Verringerung der Elaſtizität. Bruch allerdings erſt bei 1700 g Belaſtung.

c) Bronze-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt wie bei b, Elaſtizität alſo auch hier verringert, aber erhöhte Bruchfeſtigkeit, da der Bruch erſt bei 1900 g Belaſtung eintritt.

d) V 2 A fein-Einlage: anfänglich ſchwächere, ſpäter etwas ſtärkere Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt als bei a; Elaſtizität verringert. Bruch ſchon bei 1400 g Belaſtung.

e) V 2 A grob-Einlage: etwas ſchwächere Abbiegung, aber ſtärkere Abweichung vom Nullpunkt als bei a; Elaſtizität auch hier verringert. Bruch bei 1500 g Belaſtung, wie bei a.

Orange.

a) Ohne Einlage: ſtetiges Anwachſen der Abbiegung bis zu einer Belaſtung von 2350 g. An dieſem Punkte tritt Verbiegung ein.

b) Kupfer-Einlage: anfänglich ſchwächere, ſpäter ſtärkere Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt als bei a. Bruch bei 2250 g Belaſtung. Elaſtizität und Bruchfeſtigkeit ſind alſo herabgeſetzt.

c) Bronze-Einlage: die Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſind am Anfang ſchwächer, am Ende etwas ſtärker als bei a; Elaſtizität alſo herabgeſetzt. Verbiegung tritt etwas eher ein, bei 2300 g Belaſtung.

d) V 2 A fein-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſind ſchwächer als bei a, die Elaſtizität iſt alſo erhöht. Verbiegung tritt erſt bei 2850 g Belaſtung ein.

e) V 2 A grob-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſind anfänglich ſchwächer, ſpäter etwas ſtärker als bei a. Elaſtizität alſo herabgeſetzt. Bei 2250 g Belaſtung tritt Verbiegung und bei 2450 g Belaſtung Bruch ein.

Hansa.

a) Ohne Einlage: gleichmäßige Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt bis zu einer Belaſtung von 2350 g, bei der Verbiegung auftritt.

b) Kupfer-Einlage: ſtärkere Abbiegung und Abweichung als bei a, Verbiegung bei 2350 g Belaſtung und Bruch bei 2750 g Belaſtung. Die Elaſtizität und Bruchfeſtigkeit ſind alſo herabgeſetzt.

c) Bronze-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſchwächer als bei a. Verbiegung bei einer Belaſtung von 2250 g. Die Elaſtizität alſo iſt verbeſſert, die Verbiegung tritt allerdings eher ein.

d) V 2 A fein-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſind anfänglich ſchwächer, ſpäter etwas ſtärker als bei a. Die Elaſtizität iſt alſo etwas herabgeſetzt. Verbiegung tritt etwas ſpäter als bei a, bei 2400 g Belaſtung ein.

e) V 2 A grob-Einlage: die Abbiegung iſt anfangs etwas ſchwächer, ſpäter, wie die Abweichung vom Nullpunkt, ſtärker. Außerdem tritt ſchon bei 2200 g Belaſtung Verbiegung ein und bei 2650 g Belaſtung Bruch des Verſuchsſtückes. Auch hier iſt die Elaſtizität alſo herabgeſetzt.

Para I.

a) Ohne Einlage: ſtetiges Anwachſen der Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt bis zu einer Belaſtung von 2200 g, bei der Verbiegung auftritt.

b) Kupfer-Einlage: die Abbiegung iſt hier etwas ſchwächer, die Abweichung vom Nullpunkt aber ſtärker, die Elaſtizität alſo herabgeſetzt. Bei einer Belaſtung von 2000 g tritt Bruch des Stückes ein.

c) Bronze-Einlage: die Abbiegung iſt ſchwächer als bei a, die Abweichung vom Nullpunkt jedoch ſtärker. Die Elaſtizität iſt alſo hier herabgeſetzt. Verbiegung tritt allerdings erſt bei 2400 g Belaſtung ein.

d) V 2 A fein-Einlage: auch hier iſt die Abbiegung ſchwächer und die Abweichung vom Nullpunkt ſtärker als bei a. Die Elaſtizität alſo ebenfalls herabgeſetzt. Verbiegung tritt etwas ſpäter, bei 2300 g Belaſtung ein.

e) V 2 A grob-Einlage: auch hier Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt wie bei c. Elaſtizität alſo ebenfalls herabgeſetzt. Bei einer Belaſtung von 1800 g tritt ſogar Bruch ein.

Para II.

a) Ohne Einlage: ganz gleichmäßiges Anſteigen der Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt bis zu einer Belaſtung von 2750 g; hier Verbiegung.

b) Kupfer-Einlage: Abbiegung anfänglich ſchwächer, ſpäter ſtärker als bei a; Abweichung vom Nullpunkt immer ſtärker. Die Elaſtizität des Stückes iſt alſo herabgeſetzt. Bei einer Belaſtung von 2350 g Verbiegung, und Bruch bei 2600 g Belaſtung.

c) Bronze-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſind ſtärker als bei a. Auch hier iſt die Elaſtizität herabgeſetzt. Verbiegung tritt eher als bei a, bei einer Belaſtung von 2450 g ein.

d) V 2 A fein-Einlage: hier iſt die Abbiegung ſchwächer als bei a, die Abweichung vom Nullpunkt anfangs ſtärker, ſpäter aber ebenfalls ſchwächer als bei a. Die Elaſtizität iſt alſo verbeſſert. Wann Verbiegung eintritt, iſt nicht ganz ſicher, entweder bei einer Belaſtung von 2750 g oder 2850 g.

e) V 2 A grob-Einlage: die Abbiegung iſt immer ſchwächer, die Abweichung vom Nullpunkt dagegen ſtärker als bei a. Hier iſt die Elaſtizität alſo wieder herabgeſetzt. Bei einer Belaſtung von 2400 g tritt Verbiegung und bei einer Belaſtung von 3000 g Bruch ein.

Golddust.

a) Ohne Einlage: ganz gleichmäßiges Anſteigen der Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt bis zu einer Verbiegungsbelaſtung von 2600 g.

b) Kupfer-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſind beide etwas ſtärker als bei a. Die Elaſtizität iſt hier herabgeſetzt. Bei einer Belaſtung von 2300 g tritt Verbiegung und dann Bruch bei 2500 g Belaſtung ein.

c) Bronze-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt wie bei b. Elaſtizität alſo auch hier herabgeſetzt. Bei 2450 g Belaſtung tritt Verbiegung auf und bei 2900 g Bruch des Verſuchsſtückes.

d) V 2 A fein-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſind beide ſtärker als bei a. Die Elaſtizität iſt alſo verſchlechtert. Verbiegung tritt bis zu einer Belaſtung von 3000 g noch nicht auf.

e) V 2 A grob-Einlage: Abbiegung nur ganz im Anfang etwas ſchwächer, ſonſt ſtärker und ebenfalls die Abweichung vom Nullpunkt bedeutend ſtärker. Auch hier eine Herabſetzung der Elaſtizität. Bei einer Belaſtung von 2050—2100 g tritt Verbiegung ein und bei einer Belaſtung von 2800 g Bruch.

Kamerun.

a) Ohne Einlage: regelmäßige Zunahme von Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt. Verbiegung bei 2950 g Belaſtung.

b) Kupfer-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt etwas ſchwächer, aber nur ganz im Anfang, ſonſt ſtärker als bei a. Die Elaſtizität iſt alſo herabgeſetzt. Bei 2750 g Belaſtung tritt Verbiegung ein und kurz darauf, bei 2850 g Belaſtung, Bruch des Stückes.

c) Bronze-Einlage: Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſind anfangs ſchwächer, ſpäter etwas ſtärker als bei a. Hier iſt es fraglich, ob die Elaſtizität verbeſſert oder verſchlechtert wurde. Bei einer Belaſtung von 2550 g tritt dann Verbiegung ein.

d) V 2 A fein-Einlage: die Abbiegung iſt anfänglich etwas ſchwächer, ſpäter etwas ſtärker als bei a. Bei der Abweichung vom Nullpunkt iſt das Verhältnis umgekehrt. Über die Elaſtizität die gleiche Entſcheidung wie bei c. Bei 2650 g Belaſtung tritt hier Verbiegung ein.

e) V 2 A grob-Einlage: hier iſt wieder Abbiegung und Abweichung vom Nullpunkt ſtärker als bei a. Bei einer Belaſtung von 2050 g tritt ſogar Bruch des Stückes ein.

Bruchfeſtigkeit oder Verbiegung	ohne Einlage	Kupfer-Einlage	Bronze-Einlage	V 2 A fein-Einlage	V 2 A grob-Einlage
Roſa I	o	—	o	+	—
Roſa II	o	—	+	—	—
Weiß	o	—	+	+	+
Amalgam	o	+	+	—	o
Orange	o	—	—	+	—
Hanſa	o	—	—	+	—
Para I	o	—	+	+	—
Para II	o	—	—	+	—
Goldduſt	o	—	—	+	—
Kamerun	o	—	—	—	—

Elaſtizität	ohne Einlage	Kupfer-Einlage	Bronze-Einlage	V 2 A fein-Einlage	V 2 A grob-Einlage
Roſa I	o	—	—	—	—
Roſa II	o	—	+	—	+
Weiß	o	—	+	—	—
Amalgam	o	—	—	—	—
Orange	o	—	—	+	—
Hanſa	o	—	+	—	—
Para I	o	—	—	—	—
Para II	o	—	—	+	—
Goldduſt	o	—	—	—	—
Kamerun	o	—	o	o	—

Die vorſtehenden beiden Tabellen geben eine Zuſammenſtellung der Meſſungsergebniſſe aus 50 Verſuchsreihen mit insgeſamt 2126 Meſſungen.

Vergleicht man den Einfluß der Kupfer-Einlage auf ſämtliche Kautſchukſorten in bezug auf Bruchfeſtigkeit und Elaſtizität, ſo fällt auf, daß faſt ausnahmslos eine Verſchlechterung die Folge war. Die Urſache hierfür iſt nicht ſchwer zu finden. Bei Unterſuchung der Bruchflächen an den einzelnen Stücken ſieht man, daß ſich die Kupfer-Einlage nach dem Vulkaniſationsprozeß vollkommen verändert hat. Sie hat keinen metallartigen Charakter mehr und iſt bröckelig geworden, ſo daß man ſie in kleinen Stückchen aus dem Kautſchuk herausziehen kann. Wahrſcheinlich iſt das Kupfer mit dem bei der Vulkaniſation freiwerdenden Schwefel eine chemiſche Verbindung eingegangen. Eine chemiſche Analyſe wurde nicht vorgenommen. Es iſt klar, daß die Elaſtizität und Bruchfeſtigkeit der Stücke mit Kupfer-Einlage herabgeſetzt werden muß, da in dem Verſuchsſtück gewiſſermaßen ein Hohlraum entſteht, der mit kleinen Kupferſulfidbrocken ausgefüllt iſt. Kupfer-Einlagen ſind alſo auf jeden Fall abzulehnen.

Anders verhält ſich die Bronze-Einlage. Dieſe Einlage überſteht die Vulkaniſation bedeutend beſſer. Hier iſt wohl die allernächſte Umgebung des Drahtgeflechtes etwas dunkler gefärbt, das Maſchenſyſtem der Einlage aber vollkommen erhalten. Das beſſere Überſtehen der Vulkaniſation zeigt ſich auch in den Meſſungsergebniſſen. Die Bruchfeſtigkeit konnte in ca. 50% der Fälle erhöht werden, die Elaſtizität dagegen war in der Mehrzahl der Fälle herabgeſetzt.

Ein noch beſſeres Ergebnis zeigten die V 2 A fein - Einlagen. Bei den Belaſtungen, die zum Bruch der Verſuchsſtücke führten, fiel es auf, daß in den allermeiſten Fällen die Kupfer- und Bronze-Einlagen mit dem Kautſchuk zuſammen durchbrachen und an den Bruchſtellen der Kautſchuk abblätterte. Bei der V 2 A fein - Einlage (dasſelbe gilt in dieſem Falle auch für V 2 A grob) brach die Einlage niemals, und ein Abblättern des Kautſchuks trat auch nicht ein. Letzteres hat wohl ſeine Urſache darin, daß die beiden Stahl-Einlagen eine größere Maſchenweite haben als das Kupfer- und Bronzegeflecht, der Kautſchuk alſo beſſer in und durch die einzelnen Maſchen eindringen konnte. Weiter blieben die Stahlgeflechte auch nach dem Vulkaniſieren vollkommen blank, wurden alſo nicht irgendwie angegriffen. Die Elaſtizität der Kautſchukſtücke mit V 2 A - Einlagen allerdings iſt größtenteils herabgeſetzt, die Bruchfeſtigkeit dagegen faſt immer erhöht.

Und nun die V 2 A grob - Einlage. Hier findet man wieder mit wenigen Ausnahmen eine Verſchlechterung ſowohl der Elaſtizität als auch der Bruchfeſtigkeit. Dieſe Erſcheinung iſt wohl darauf zurückzuführen, daß das grobe Geflecht für die Stärke meiner Verſuchsſtücke (1,75 mm) zu „grob“ iſt, alſo nicht mehr genügend Kautſchuk zu beiden Seiten der Einlage vorhanden iſt. Ob dieſe Vermutung ſtimmt, muß ich einer weiteren Unterſuchung überlaſſen.

Die am Anfang meiner Arbeit zitierten Ausführungen *Kantorowicz'* werden alſo, was die Elaſtizität des Kautſchuks mit Drahtgeflecht-Einlagen betrifft, beſtätigt. *Kantorowicz* ſchreibt aber weiter, es ſei meiſtens der Fall, daß die Einlagen nicht ganz von Kautſchuk bedeckt ſind. Es iſt aber doch ſelbſtverſtändlich, exakte Verarbeitung vorausgeſetzt, daß die Einlagen von allen Seiten, alſo auch an den Rändern von Kautſchuk umgeben ſein müſſen. Damit iſt aber auch ein „Eindringen von Speichel" oder ein „Herausbrechen einzelner Teile" unmöglich gemacht.

Nicht entſcheiden will ich die auftretende Frage, ob es nun vorteilhafter iſt, die Bruchfeſtigkeit einer Kautſchukproteſe auf Koſten ihrer Elaſtizität zu erhöhen, oder umgekehrt.

In der Literatur fand ich außer den ſchon mehrfach erwähnten Angaben Kantorowicz' keine auf meine Unterſuchungen direkt bezügliche Arbeit.

Auf Veranlaſſung *Wuſtrows* hat *Frör* Unterſuchungen über die Beziehung zwiſchen Länge der Vulkaniſationszeit und Bruchfeſtigkeit der in der Zahnheilkunde gebräuchlichen Kautſchukſorten angeſtellt.

Ähnliche Unterſuchungen machte *Adolf Paetz.* Dieſer machte Beſtimmungen des ſpezifiſchen Gewichts von Zahnkautſchuk und verſuchte ebenfalls die Bruchfeſtigkeit in Beziehung zum Vulkaniſationsprozeß zu bringen.

Zusammenfassung.

Unterſucht wurden in 50 Verſuchsreihen mit insgeſamt 2126 Meſſungen die Veränderlichkeit der Elaſtizität und der Bruchfeſtigkeit von zehn verſchiedenen Kautſchukſorten mit Drahtgeflecht-Einlagen. Als Einlagen wurden benutzt Kupfer-, Bronze-, Wipla Stahl fein- und Wipla Stahl grob-Geflechte. Es konnte feſtgeſtellt werden, daß die Elaſtizität eines Kautſchukſtückes durch ein eingelegtes Drahtgeflecht in der Mehrzahl der Fälle herabgeſetzt wird. Die Bruchfeſtigkeit der gleichen Verſuchsſtücke konnte durch die Bronze- und V 2 A fein-Einlagen in den weitaus meiſten Fällen erhöht werden. Die Kupfer-Einlage erleidet durch die Vulkaniſation eine derartige Veränderung, daß die Bruchfeſtigkeit herabgeſetzt wird. Eine gleiche Verminderung der Bruchfeſtigkeit war bei den V 2 A grob-Einlagen zu beobachten, die ihre Urſache wohl in der für meine Verſuchsſtücke zu großen Stärke des Drahtgeflechtes hatte.

Abſchließend möchte ich nicht verfehlen, Herrn Profeſſor Dr. *Türkheim* für die freundliche Anregung und Unterſtützung bei der vorſtehenden Arbeit, ſowie auch der Firma *Geo Poulſon,* Hamburg, die mir liebenswürdigerweiſe den Kautſchuk für meine Unterſuchungen zur Verfügung ſtellte, zu danken.

Literaturverzeichnis.

Prof. Dr. *Kantorowicz,* Handwörterbuch der geſamten Zahnheilkunde. II. Band.

Kohlrauſch-Scholl, Kleiner Leitfaden der praktiſchen Phyſik. 4. Auflage. Leipzig und Berlin 1921.

Prof. Dr. *Wuſtrow,* Handbuch der Zahnheilkunde. 3. Band.

Frör, Die Geſchichte des Kautſchuks. Diſſertation Erlangen 1922.

Prof. Dr. *F. Schoenbeck,* Materialienkunde der zahnärztlichen Technik.

Adolf Paetz, Beſtimmung des ſpezifiſchen Gewichtes von Zahnkautſchuk und eine einfache Verſuchsmethode zur Ermittlung der Bruchfeſtigkeit dieſes Materials in Beziehung zum Vulkaniſationsprozeß. Inaug.-Diſſ. Berlin 1921.

Lebenslauf.

Ich, *Wilhelm Henri Flügel,* geb. 27. Oktober 1907 zu Hamburg als Sohn des Friedhofsoberinſpektors Carl Henri Flügel, beſuchte von Oſtern 1914 bis Oſtern 1923 die Realſchule in Eilbeck. Da ich die Abſicht hatte, Schiffsingenieur zu werden, trat ich als Schloſſer- und Maſchinenbaulehrling auf der „Reiherſtieg Schiffswerfte und Maſchinenfabrik" ein. Nach Ablauf von zwei Jahren verließ ich die Werft, um mich zum Abitur vorzubereiten. Nach $1^1/_2$jähriger Vorbereitung im „Inſtitut Dr. Goldmann", Hamburg, beſtand ich das Abiturium vor der Kommiſſion an der Oberrealſchule in Eimsbüttel. Inzwiſchen war mein Intereſſe an der Zahnheilkunde durch meinen Bruder, der ſich als Zahnarzt niedergelaſſen hatte, geweckt, und ich widmete mich vom Winterſemeſter 1926/27 bis zum Ende des Winterſemeſters 1929/30 in Hamburg und München dem Studium der Zahnheilkunde. Ich beſtand im Juli 1930 das zahnärztliche Staatsexamen in Hamburg und bin bis zum heutigen Tage in verſchiedenen Praxen Groß-Hamburgs als Aſſiſtent und Vertreter tätig geweſen.